

## APLIKASI METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS UNTUK MENGETAHUI BAWAH PERMUKAAN DI KOMPLEK CANDI BELAHAN (CANDI GAPURA)

Juan Pandu Gya Nur Rochman, Amien Widodo, Ayi Syaeful Bahri, Firman Syaifuddin, Wien Lestari

Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

djuan.rochman@gmail.com

**Abstrak.** Gunung Penanggungan merupakan gunung yang memiliki sejarah yang tinggi di Jawa Timur. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya candi yang mengelilingi di kompleks gunung ini. Setidaknya terdapat 116 yang ditemukan. Komplek Situs belahan merupakan salah satu kompleks bangunan candi yang besar. Candi Gapura merupakan bagian pintu masuk dari kompleks bangunan ini yang sebagian bangunannya masih terpendam. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi bawah permukaan di kompleks candi tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Geolistrik Tahanan jenis. Prinsip metode ini adalah menginjeksikan arus listrik ke permukaan tanah melalui sepasang elektroda dan mengukur beda potensial dengan sepasang elektroda yang lain. Metoda ini memanfaatkan sifat kelistrikan suatu material untuk mengetahui karakteristik dari suatu material. Jumlah lintasan yang digunakan sebanyak 8 lintasan yang terletak di Candi Gapura A (4 lintasan) dan Candi Gapura B (4 lintasan). Dari pengukuran geolistrik didapatkan profiling resistivitas bawah permukaan tanah yang dapat mengetahui dugaan sebaran bangunan candi. Hasil interpretasi 8 lintasan secara umum dibagi dua lapisan. Pada kedalaman 0-4 meter nilai resistivitasnya 1-6 ohm meter diinterpretasikan sebagai lapisan lempung. Pada lapisan ini juga terdapat nilai resistivitas 10-20 ohm meter diduga runturan batu bata candi. Pada lapisan kedua dengan kedalaman lebih dari 4 meter dengan nilai resistivitas 100-150 ohm meter diduga lapisan kerikil (zona keras). Pada Batas lapisan ini (kedalaman 4 meter) diduga terdapat altar atau pelataran karena pada semua lintasan terdapat kontras nilai resistivitas tinggi dan rendah pada kedalaman yang hampir sama untuk tiap lintasan pengukuran.

**Kata kunci :** metode geolistrik; Situs belahan; Candi Gapura; Penanggungan

**Abstract.** Penanggungan Mountain is a mountain with a deep history located in East Java. A lot of temples around this mountain become a strong evidence of the history. Until now, there are at least 116 temples has been found. Situs Belahan cluster is one of large temple cluster. Gapura temple is an entry point of this cluster which some part still buried underground. Hence this research aims to determine the subsurface condition of that cluster. The method used is Geoelectric Resistivity method. This method performed by giving injection of electric current to the ground through a pair of electrodes and also measuring the potential difference through another pair of electrodes. This method uses the electrical properties of a material to determine the characteristics of a material. Number of line used is 8 lines which are located on Temple Gate A (4 lines) and Temple Gate B (4 lines). By this geoelectric measurement, it can determine the profiling of underground resistivity which could be used to detect the distribution of temples location. Interpretation result of 8 lines generally consists of two layers. At a depth of 0-4 meters, the resistivity value shows around 1 - 6 ohm meter. which is interpreted as layer of clay.. In this layer there is also resistivity value around 100 - 150 ohm meter which is interpreted as brick of temple's ruins. In the second layer with a depth of over 4 meters shows resistivity value of 100-150 ohm meter, which suspected as gravel layer (hard zone). On the boundary of this layer (depth 4 meters) suspected there is altar or platform because all lines shows a contrast of high and low resistivity value at the almost same depth that is almost the same for each line.

**Keywords:** Geoelectrical Method; Belahan site; Gapura Temples; Penanggungan.

### PENDAHULUAN

Jawa Timur memiliki banyak peninggalan bersejarah. Salah satunya adalah kompleks situ Gunung Penanggungan. Gunung ini merupakan gunung berapi yang sedang tidur atau sedang dalam

keadaan tidak aktif karena tidak ada catatan letusan 1000 tahun yang lalu (Van Padang, 1951). Namun yang menarik adalah bentukan kerucut seperti gunung yang aktif. Gunung yang memiliki ketinggian 1653 M dari atas permukaan laut ini terletak di

kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Pasuruan. Gunung ini memiliki nilai sejarah tinggi karena di bagian lerengnya banyak ditemukan berbagai peninggalan purbakala, berupa candi, pertapaan, maupun petirtaan dari periode Hindu-Budha di Jawa Timur. Setidaknya terdapat 116 yang ditemukan di kompleks ini penanggungan ini (Sidomulyo H, 2013)

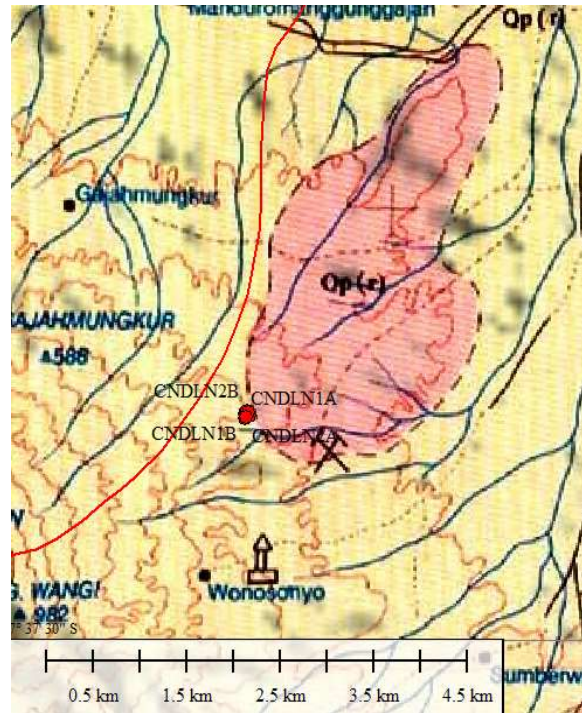
Salah satu bagian yang menarik dari kompleks situs Gunung penanggungan adalah Situs Belahan. Sejumlah benda purbakala ditemukan di sini misalnya gapura, candi, dan kolam pemandian. Karena aeranya cukup luas. Dari hasil penelitian yang pernah dilakukan, diketahui bahwa situs belahan ini merupakan kompleks yang besar yang dikelilingi tembok (Resink, 1968).

Metode yang digunakan untuk mengetahui bawa permukaan adalah metode geofisika. Salah satu metoda geofisika yang biasa digunakan untuk mengetahui bawah permukaan tanah dan sebaran candi adalah metoda resistivitas (Griffiths and Barker, 1994; Arwananda dkk., 2016). Metoda ini memanfaatkan sifat kelistrikan suatu material untuk mengetahui karakteristik dari suatu material. Metode ini terbukti mampu secara efektif untuk mengetahui bangunan arkeologi karena dapat membedakan nilai resistivitas yang mencolok antara bangunan yang berongga dan batuan yang disekitarnya (Abbas et al., 2016).

### KONDISI GEOLOGI

Berdasarkan peta geologi lembar Malang (Santosa and Suwarti, 1992), daerah Gunung Penanggungan tersusun atas satu formasi yaitu: Formasi Qvn (Batuan gunungapi kuarter atas). Formasi ini tersusun atas breksi gunungapi, lava, tuf, breksi tufan, aglomerat dan lahar hasil erupsi Gunung Penanggungan. Di bawah Formasi Qvn terdapat beberapa formasi batuan seperti Tuf Rabano (Qvtr), Batuan Gunungapi Tengger (Qvt), dan Batuan Gunungapi Arjuno-Welirang (Qvaw). Sedangkan formasi yang lebih muda dari formasi Qvn diantaranya; endapan rombakan cemara tiga (Qtt), batuan Gunungapi Bromo (Qvb), pasir Gunungapi Tengger (Qvs), endapan teras (Qt), dan aluvium (Qa). Pada lokasi pengukuran lapisan yang terlihat adalah

aluvium. Alluvium Tersusun atas kerakal, kerikil, pasir, lempung, lumpur.



Gambar 1 Peta Geologi Sekitar Candi Belahan (Santosa dan Suwarti, 1992)

### METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS

Metode geolistrik merupakan metode yang digunakan untuk mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dengan cara mendeteksinya di permukaan bumi (Lilik Hendrajaya, 1990). Prinsip kerja metode geolistrik dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik ke permukaan tanah melalui sepasang elektroda dan mengukur beda potensial dengan sepasang elektroda yang lain. Hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda tertentu, dapat ditentukan variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur.

Harga resistivitas yang didapatkan merupakan resistivitas semu. Persamaan resistivitas semu ( $\rho_a$ ) sebagai berikut

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

V= beda potensial (mV)

$I$  = arus (mA)

dengan

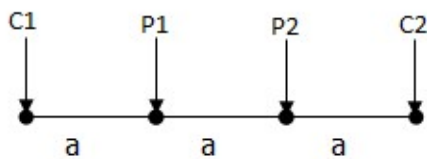
$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)\right]} \quad (2)$$

Dimana  $K$  adalah faktor geometri yang merupakan besaran koreksi letak kedua elektroda potensial terhadap elektroda arus (Reynolds, 1997).

Konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi wenner yaitu jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial sama (Gambar 2). Sehingga faktor konfigurasinya adalah sebagai berikut :

$$K = 2\pi a \quad (3)$$

Dimana  $a$  merupakan spasi elektroda.



Gambar 2 Skema konfigurasi Wenner

## METODOLOGI

Lokasi Penelitian ini berada di kompleks candi belahan yang terletak di Desa Wonosunyo, Kecamatan Gempol, Pasuruan, Jawa Timur. Lokasi dapat dilihat pada Gambar 3



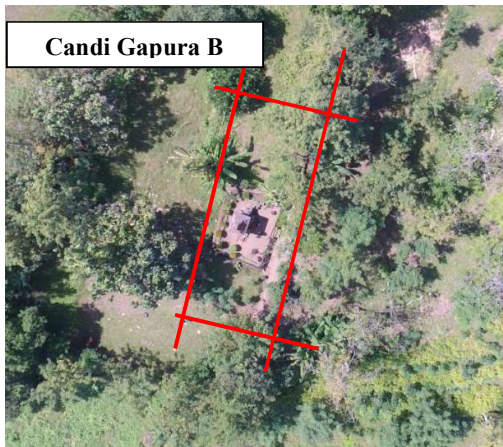
Gambar 3 Lokasi Candi Belahan

Pengukuran geolistrik dilakukan pada tanggal 13 – 14 Agustus 2016. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah geolistrik Georest *multichannel*. Jumlah lintasan pengukuran sebanyak 8 lintasan. 4 lintasan di Candi Gapura A dan 4 lintasan di Candi Gapura B (Gambar 4 dan Gambar 5)



Gambar 4 Lintasan Geolistrik pada Candi Gapura A





Gambar 5 Lintasan Geolistrik ada Candi Gapura B

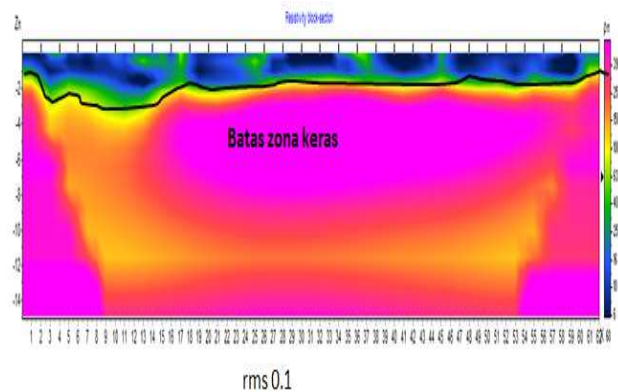
Konfigurasi yang digunakan adalah wenner dengan spasi antar elektroda 1-3 m dengan panjang lintasan 100-155 m. Data yang di dapatkan dari pengukuran geolistrik adalah nilai hambatan (R). Nilai Resistivitas semu didapatkan dengan mengalikan faktor geometri. Pengolahan data geolistrik dilakukan dengan menggunakan Res2divn. Hasil dari pengolahan data geolistrik resistivitas 2D didapatkan variasi tahanan jenis dan ketebalan lapisan untuk tiap lintasan. Dari penampang 2D tersebut di buat penampang 3D untuk memudahkan intepretasi.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Geolistrik di 8 titik pengukuran kemudian dilakukan pengolahan data dengan RES2DINV. Hasil dari pengolahan ini berupa penampang 2D masing – masing lintasan. Berikut hasil contoh pengolahan data geolistrik pada lintasan 1 candi Gapura A Gambar 6 dan Gambar 7.

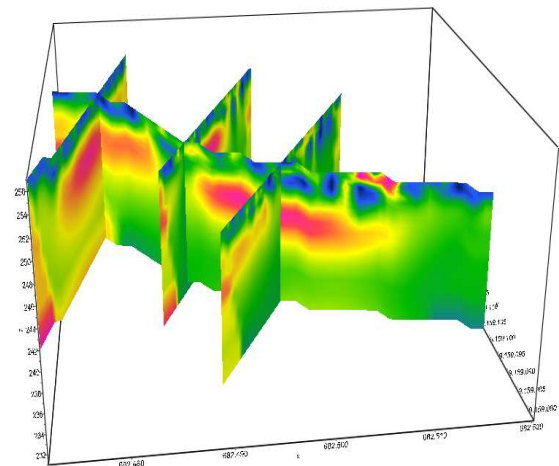


Gambar 6 Lintasan pengukuran line 1 Candi Gapura A



Gambar 7 Penampang resistivitas 2D hasil inversi lintasan 1 Candi Gapura A

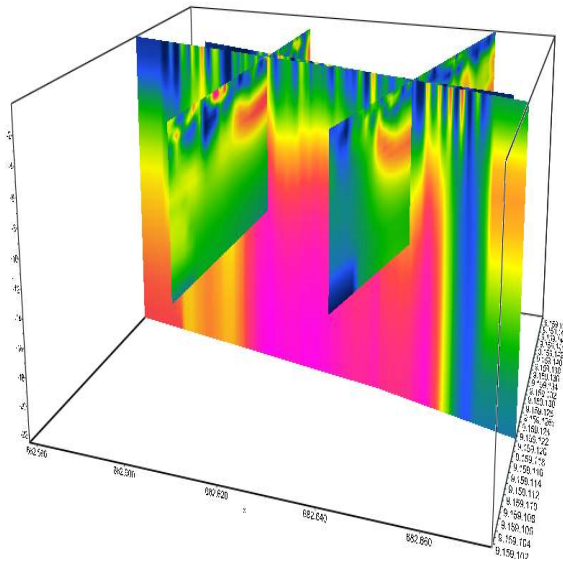
Pada Gambar 8 merupakan hasil penggabungan 4 titik pengukuran di candi Gapura 1. Penggabungan lintasan tersebut menjadi 3D agar memudahkan intepretasi. Secara umum terdapat 2 lapisan utama lapisan dengan kedalam 0-4 meter ini merupakan lapisan top soil (lempung) pada lapisan lempung ini diduga terdapat batu bata candi. Pada lapisan kedua >4 meter terdapat lapisan yang lebih keras (kerikil) dari ke empat lintasan kedalamannya konstan, ini diduga batas lapisan plataran di sekitar candi.



Gambar 8 Penampang 3D Candi Gapura A

Hasil pengukuran geolistrik di candi Gapura 2 dilakukan penggabungan 4 lintasan menjadi 3D (Gambar 9). Hasil intepretai candi gapura 2 ini mirip dengan candi gapura 1. Terdapat dua lapisan utama yang pertama lapisan lempung dengan kedalam 0-4 meter dan lapisan kerikil (lapisan lebih keras)

pada kedalaman >4 meter. Pada kedalaman 4 meter ini diduga merupakan altar atau pelataran di sekitar candi Gapura 2.



Gambar 9 Penampang 3D Candi Gapura B

## PENUTUP

### Simpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil Pengukuran Geolistrik Candi Gapura I dan Gapura II pada kedelapan lintasan pada kedalaman 0-4 meter nilai resistivitasnya nilai resistivitasnya 1-6 ohm meter diinterpretasikan sebagai lapisan lempung. Pada lapisan ini juga terdapat nilai resistivitas 10-20 ohm meter diduga runtunan batu bata candi. Pada lapisan kedua dengan kedalaman lebih dari 4 meter dengan nilai resistivitas 100-150 ohm meter diduga lapisan kerikil (zona keras)
2. Pada Batas lapisan ini (kedalaman 4 meter) diduga terdapat altar atau pelataran karena pada semua lintasan batas nilai resistivitas tinggi dan rendah terdapat pada lapisan yang hampir sama.

## Saran

Saran yang disulkan pada penelitian ini diperlukan pembandingan metoda geofisika lainnya misalnya metode *Very low Frequency* (VLF-EM) dan Ground Penetrating Radar (GPR) supaya dapat diinterpretasi lebih detail. Untuk membuktikan lebih detail dari pengukuran geolistrik ini perlu dilakukan bor dangkal kedalam sampai 4 meter untuk memastikan terdapat runtunan candi dan pelataran di daerah tersebut.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada ITS atas Hibah Penelitian Pemula Tahun 2016. Peneliti juga berterima kasih kepada Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Jawa Timur atas perijinan untuk Akuisisi Data.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A.M., Ghazala, H.H., Mesbah, H.S., Atya, M.A., Radwan, A., Hamed, D.E., 2016. Implementation of ground penetrating radar and electrical resistivity tomography for inspecting the Greco-Roman Necropolis at Kilo 6 of the Golden Mummies Valley, Bahariya Oasis, Egypt. *NRIAG J. Astron. Geophys.* doi:10.1016/j.nrjag.2016.01.003
- Arwananda, A.P., Lestari, W., Rochman, J.P., Husein, A., 2016. Efek Patahan Watukosek Pada Geomorfologi Kali Porong dengan Metode Tahanan Jenis 2-D. *J. Geosaintek* 2, 151–156.
- Griffiths, D.H., Barker, R.D., 1994. Electrical Imaging in Archaeology. *J. Archaeol. Sci.* 21, 153–158. doi:10.1006/jasc.1994.1017
- Lilik Hendrajaya, 1990. Geolistrik Tahanan Jenis, Laboratorium Fisika BUmI. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Bandung
- Palacky, G., 1988. 3. Resistivity Characteristics of Geologic Targets, in: *Electromagnetic Methods in Applied Geophysics, Investigations in Geophysics*. Society of Exploration Geophysicists, pp. 52–129.
- Reynolds, J. M. 1997. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. John Wiley and Sons Ltd. Baffins, Chichester, West Sussex PO19 1UD. England

Resink, T., 1968. *Belahan or a Mith Dispalled*. Cornell University Press.

Santosa, S., Suwarti, T., 1992. Peta Geologi Lembar Malang, Skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Sidomulyo H, 2013. Mengenal situs purbakala di gunung penanggungan. Universitas Surabaya (UBAYA).

Van Padang, N., 1951. Catalogue of volcanic activity and solfatara fi elds.

W. M. Telford, L. P. Geldart, R. E. Sheriff. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University: Press New York.

-----